



DE 03 / 02810

REC'D 30 SEP 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 40 924.2

**Anmeldetag:**

2. September 2002

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**Anmelder/Inhaber:**

Jürgen Kleinwächter, Kandern/DE;  
Eckhart Weber, Nürnberg/DE;  
Claus Colman-Freyberger,  
Hasting-on-Hudson, NY./US.

**Bezeichnung:**

Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

**IPC:**

F 03 G, F 25 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Wallner

# Deutsche Patentanmeldung

## Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

### Zusammenfassung

Thermo-Hydrodynamische-Kraftverstärkungsmaschine, die unter Nutzung einer äußeren Wärmequelle und einer äußeren Kältesenke ein flüssiges Arbeitsmedium in einem Dreitaktarbeitszyklus (isochore Erhitzung, isotherme Entspannung, Kontraktion durch regenerative Kühlung) nützliche Arbeit verrichten läßt. Dabei ist die am Verdränger (11) durch den Hilfsantrieb (12) geleistete Arbeit erheblich geringer als die vom Umwandlungssystem (18,19) erzeugte Arbeit (Kraftverstärkung). Eine invers arbeitende, fremd angetriebene Maschine wirkt als Wärmepumpe-Kältemaschine.

Fig. 3

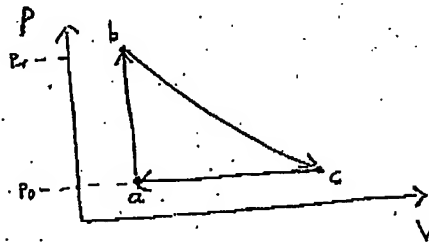
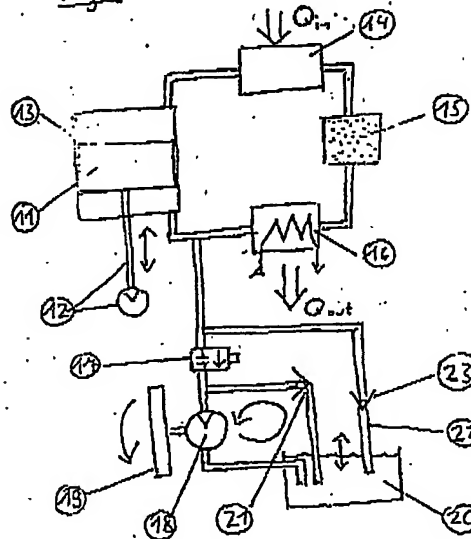


Fig. 4



### Beschreibung

Flüssigkeiten sind im Vergleich zu Gasen praktisch inkompressibel, haben eine geringere, wärmebedingte Volumenzunahme, wesentlich höhere spezifische Wärmekapazitäten und bieten die Möglichkeit, Wärme besser zu tauschen. Der Versuch, alternativ zum Arbeitsgas Flüssigkeiten in Wärmekraftmaschinen einzusetzen, wurde Mitte der 20-iger Jahre des vorigen Jahrhunderts von J. F. Malone aus Newcastle-on-Tyne (England) unternommen.

Er entwickelte eine der Heißgas-Stirling Maschine ähnliche regenerative Maschine, die aber statt mit Luft mit Druckwasser als Arbeitsmedium gefüllt war. (U.S. Patent 1,487,664 vom 18. März 1924 und U.S. Patent 1,7717,161 vom 11. Juni 1929).

Er konnte nachweisen, daß er bei einer Temperaturdifferenz von 305K einen Wirkungsgrad von 27% erreichte, was einem beachtlichen Realisierungsgrad von 54% des idealen Carnot Zykluses gleichkommt und im Vergleich zu den damals üblichen Dampfmaschinen etwa doppelt so hoch war.

Der Grund für diesen guten Wirkungsgrad lag in der Tatsache begründet, daß die Maschine wie die Stirlingmaschine einen Wärmerenerator besaß und zudem die gegenüber Gasen wesentlich besseren Wärmeübertragungseigenschaften der Flüssigkeiten nutzte. In Fig. 1 ist die Malone Maschine schematisch dargestellt. Dabei ist (1) der Arbeitszylinder, (2) der Verdrängerzylinder, (3) der Erhitzer der durch die äußere (Flammen)wärme (3a) ständig erhitzt wird, (4) der Kühler, (5) der Verdrängerkolben, der den Regenerator (2a) um 90° gegenüber dem Arbeitskolben (6) phasenverschoben von heiß nach kalt schiebt. Der mit dem Schwungrad (7) über die Pleuelstange (7a) verbundene Arbeitskolben (6) überträgt über den Hilfspleuel (8a) und den Exzenter (8) die phasenverschobene oszillierende Bewegung auf die Regeneratorstrecke (2a).

In Fig. 2 ist im PV-Diagramm sowohl ein idealer Stirling Zyklus (10), als auch der von der Malone Maschine realisierte Zyklus (9) dargestellt.

Da Wasser nur unter sehr hohen Drücken von >100 Bar im verlangten Arbeitstemperaturbereich flüssig bleibt, mußte Malone sehr druckfeste Zylinder einsetzen. Da er außerdem auf Kurbelwellen und Arbeitskolben zur Umwandlung der thermisch in der Flüssigkeit erzeugten Druckschwankungen in rotierende Wellenenergie zurückgriff, unterwarf er die Flüssigkeit, wie bei klassischen Arbeitsmaschinen üblich, einem Arbeitszyklus, bei dem prinzipiell während der (heißen) Expansionsphase über den Arbeitskolben und das Kurbelwellen-Schwungrad System nützliche Arbeit

---

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

abgegeben wird, während bei der (kalten) Rückkompressionsphase Arbeit in das System gebracht werden muß, die aus einem Teil der Expansionsarbeit, die im Schwungrad gespeichert wurde, stammt.

Die in Malone's Maschine erzeugten hohen Druckschwankungen belasteten insbesondere den Kurbelwellenmechanismus mit seinem extrem schweren Schwungrad. Dies führte zu kurzen Standzeiten der eingesetzten Materialien und war der Grund dafür, daß diese Maschine trotz ihrer überlegenen Thermodynamik keinen Eingang in den täglichen Gebrauch fand.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die bereits von Malone erkannten grundsätzlichen Vorteile von Flüssigkeiten als thermodynamische Arbeitsmedien in einer technisch neuartigen Bauweise so zu nutzen, daß die beschriebenen negativen Aspekte nicht mehr auftauchen.

- 10 Die im folgendem beschriebene erfindungsgemäße Maschine wirkt als Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker (THK).

- Der THK durchläuft im PV-Diagramm (Fig. 3) einen grundsätzlich anderen Zyklus als klassische Wärmekraftmaschinen. Dabei wird die Flüssigkeit von a nach b isochor erwärmt. Der Anfangsdruck  $P_0$  entspricht dabei dem Umgebungsdruck (oder einem geringfügig höheren Druck). Sobald in der Flüssigkeit der gewünschte Druck  $P_1$  erreicht ist, öffnet ein Absperrlement (17) und die Flüssigkeit expandiert, in dem sie Arbeit an einem nachgeschalteten System (Hydraulikmotor, Kompressorkolben usw.) leistet. Diese Entspannung geschieht bis bei nun größerem Volumen und höherer Temperatur gegenüber dem Anfangszustand a bei c wiederum der Anfangsdruck  $P_0$  erreicht wird. Im Gegensatz zu klassischen Maschinen, bei denen das Fluid in den Anfangszustand a durch mechanische Rückkompression zurückgebracht wird, wird beim THK die Kontraktion der Flüssigkeit durch Wärmeentzug herbeigeführt. Dies hat erfindungsgemäß den großen Vorteil, daß, da sämtliche Nutzenergie während der Expansionsphase von b nach c entzogen wird, keine mechanische Energie in irgendeiner Weise (Schwungrad, Windkessel usw.) zwischengespeichert werden muß. Ferner liegt in diesem Prinzip, wie im weiteren ausgeführt wird, die erfindungsgemäße Möglichkeit auf einen Kurbelwellenmechanismus vollständig zu verzichten.

Wird zudem während der Arbeitsphasen  $a \rightarrow b$  und  $c \rightarrow a$  ein Regenerator oder Rekuperator in den Wärmetauschprozeß einbezogen und die Expansion des Fluids isotherm geführt, ist der durch die Eckpunkte a, b, c festgelegte Arbeitsprozeß mit Ausnahme von irreversiblen Verlusten im Fluid und Wärmeverlusten thermodynamisch ideal.

---

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

In Fig. 4 ist die Konfiguration eines THK in Kombination mit einem Hydraulikmotor schematisch dargestellt.

Dabei ist (11) der Verdrängerkolben, der von einem Linearantrieb (12) im Inneren des Druckzylinders (13) auf und ab bewegt wird. Er verdrängt das Arbeitsfluid periodisch über eine Erhitzer- (14),  
5 Regenerator- (15) und Kühler- (16)strecke hin und zurück. Als schaltbares Absperrelement (17) dient ein hydraulisches Ventil. Dieses ist zu Beginn des Zykluses (Fig. 3, Strecke a→b) geschlossen, wenn sich der Verdrängerkolben nach unten bewegt und somit die Flüssigkeit auf die heiße Seite des Systems befördert. Beim Erreichen des gewünschten Druckes P<sub>1</sub> im Punkte b des PV-Diagrammes öffnet sich das Ventil und die Flüssigkeit expandiert bei hohem Druck unter Arbeitsabgabe durch den  
10 Hydraulikmotor (18) mit angekoppeltem Schwungrad (19). Das entspannte Fluid sammelt sich anschließend in dem Sammelgefäß (20). Eine Zirkulationsleitung mit dem Rückschlagventil (21) sorgt für einen ständigen Umlauf des Fluids vom Sammelgefäß durch den Hydraulikmotor, solange sich dieser dreht. Wenn die arbeitsliefernde Entspannung des Fluids (Punkt c im PV-Diagramm, Fig. 3) beendet ist, wird das Ventil (17) geschlossen, der Verdränger (11) bewegt sich nach oben und  
15 verdrängt das Fluid auf die kalte Seite des Systems (Strecke c→a in Fig. 3). Durch die Abkühlung wird die Kontraktion des Fluids zum Anfangspunkt a des Zyklusses (Fig. 3) herbeigeführt, dabei wird über die Leitung (22) und das Rückschlagventil (23) Fluid aus dem Sammelgefäß (20) nachgesaugt.

20 Da der Regenerator (15) in abwechselnder Richtung vom heißen und kaltem Fluid durchströmt wird, speichert er temporär fast ohne Entropieverlust (weil Wärme und Kälte längs eines linear ansteigenden Temperaturprofils rückgewonnen werden) Wärme und gibt diese zum richtigen Zeitpunkt wieder an das Fluid ab.

Bei geeigneter Wahl der Oszillationsfrequenz des Verdrängers (11) und der richtigen Dimensionierung der Strömungsquerschnitte durch die Erhitzer-, Regenerator-, Kühlerstrecke wird  
25 erreicht, daß der Betrag der von der expandierenden Flüssigkeit abgegebenen Arbeit um ein vielfaches höher ist, als die vom Verdrängerkolben geleistete Arbeit. Aus diesem Grunde und wegen ihrer Wirkungsweise nennen wir die erfindungsgemäße Maschine Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker (THK).

30 Zum besseren Verständnis sind in den Figuren 4a, 4b, 4c nochmals die drei Arbeitstakte schematisch dargestellt und dem jeweiligen Abschnitt im PV-Diagramm zugerechnet. Dabei stellt → die Fluidbewegung mit hohem Druck dar, - - - Druckfluid ohne Bewegung, . . . . → Fluidbewegung mit geringem Druck dar.

---

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

In Fig. 4a wird das Fluid isochor komprimiert. Der Verdrängerkolben (11) angetrieben vom Linearantrieb (12) befindet sich auf seinem Weg nach unten. Das Hydraulikventil (17) ist geschlossen. Im PV-Diagramm wird die Strecke  $a \rightarrow b$  durchfahren. Das Fluidniveau im Ausdehnungsgefäß (20) befindet sich auf seinem niedrigsten Stand.

- 5 In Fig. 4b hat der Verdrängerkolben (11) den unteren Totpunkt erreicht. Der Linearantrieb (12) steht. Das Hydraulikventil (17) hat geöffnet. Im PV-Diagramm wird die Strecke  $b \rightarrow c$  durchfahren. Der Hydraulikmotor (18) wird von der sich entspannenden Flüssigkeit angetrieben. Das Fluidniveau im Ausdehnungsgefäß (20) steigt.

- 10 In Fig. 4c bewegt sich der Verdrängerkolben (11) durch den Linearantrieb (12) nach oben. Das Hydraulikventil (17) ist geschlossen. Das drucklose heiße Fluid wird über den Regenerator (15) und Kühler (16) auf die Anfangstemperatur rückgekühlt und erfährt dadurch eine Kontraktion. Der dadurch entstehende Unterdruck saugt Fluid über die Leitung (22) aus dem Ausdehnungsgefäß (20). Dessen Niveau sinkt bis zum tiefsten Wert. Im PV-Diagramm wird die Strecke  $c \rightarrow a$  durchfahren. Damit ist wieder der Anfangszustand a des Zyklus erreicht.

- 15 Das bisher geschilderte Grundfunktionsprinzip einer Dreitakt-THK Maschine kann auf verschiedene Weise variiert werden. Eine erfindungsgemäße Möglichkeit besteht darin, statt des Hydraulikventils (17) den Druckaufbau durch den Hydraulikmotor (18) selbst zu nutzen. Dieser kommt dadurch zustande, daß das Schluckvolumen des Hydraulikmotors (18) so gewählt wird, daß es deutlich kleiner ist als der Volumenstrom des Fluids der durch die Erwärmung des Fluids auf der Strecke  $a \rightarrow b$  im PV-Diagramm entsteht. In Fig. 5 ist ein aus einem solchen THK-Prozess resultierendes PV-Diagramm dargestellt. Dabei wird erfindungsgemäß der Prozeß wiederum begonnen, wenn sich das Fluid im Druckzustand  $P_0$  befindet. Das durch Verschieben des Fluids von kalt nach heiß sich ausdehnende Medium durchströmt den Hydraulikmotor (17) unter ansteigendem Druck bis bei  $P_1$ , bei b der Verdrängerkolben (11) seinen unteren Totpunkt erreicht hat. Anschließend entspannt sich das Fluid bei festgehaltenem Verdrängerkolben zum Punkt c bei  $P_0$  und wird dann anschließend durch regenerative Kühlung von  $c \rightarrow a$  kontrahiert.
- 20 25

Eine solche Variante des THK-Zyklus erreicht zwar pro Zyklus kleinere Leistungen ist aber durch einen besonders geschmeidigen, kontinuierlichen Lauf gekennzeichnet.

- Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeit besteht in der Kombination der Absperreigenschaften des Hydraulikventils (17) und des Hydraulikmotors. In Fig. 6 ist das Indikatordiagramm einer solchen THK Variante dargestellt. Ausgehend vom Anfangsdruck  $P_0$  wird
- 30

**Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker**

das Fluid isochor (Ventil 17 ist geschlossen) auf den Zwischendruck  $P''_1$  komprimiert. Von b nach b' entspannt das Fluid über den Hydraulikmotor (18) isobar (Ventil 17 ist geöffnet). Nachdem der Verdrängerkolben (11) seinen unteren Totpunkt erreicht hat, entspannt das Fluid von b' nach c (Ventil 17 ist geöffnet). Dann wird das Fluid bei geschlossenem Ventil 17 wiederum durch reversiblen

5 Wärmeentzug von c auf den Anfangszustand a kontrahiert. Eine solche Variante des THK erreicht gute Zyklenleistungen, denn der eingestellte Maximaldruck  $P'_1$  schaltet das Ventil (17) auf, so daß der Hydraulikmotor mit optimalen Druck gefahren wird.

Eine weitere, erfindungsgemäß vorteilhafte Ausgestaltung des THK besteht in der Möglichkeit, den Erhitzer (14) und den Kühler (16) immer nur während der Arbeitszyklusabschnitte in den

10 Fluidkreislauf einzubinden, während dem ihre jeweilige Funktion benötigt wird. Dies minimiert einerseits die negativen Auswirkungen von Fluid-Totvolumen und ermöglicht andererseits, die Druckströmungsquerschnitte durch den Erhitzer und den Kühler ohne negative Auswirkungen auf den Zyklus im Hinblick auf einen geringen dynamischen Durchströmungswiderstand und optimale Wärmeübertragungseigenschaften zu gestalten. In Fig. 7 sind die entsprechenden, notwendigen By-

15 passleitungen mit Absperrventilen und deren zeitlicher Einsatz an Hand des PV-Diagrammes schematisch dargestellt.

Während das Fluid von a→b durch den Verdrängerkolben verschoben wird, das Fluid also erwärmt wird, ist es unerwünscht, über den Kühler (16) Wärme zu entziehen. Durch Schließen der Ventile 24a, 24b wird das Fluid in einem By-pass (24c) um den Kühler herumgelenkt und durchströmt

20 anschließend den Regenerator (15) und Erhitzer (14). Bei der anschließenden Entspannung des Fluids von b→c fließt das Fluid wiederum durch den Kühler (16).

Die Nachheizung durch den Erhitzer (14) ist wegen der angestrebten isothermen Entspannung von b→c erwünscht. Die Tatsache, daß von a→b das Fluid durch den By-pass 24c fließt, ist im PV-Diagramm gekennzeichnet. Wenn das Fluid anschließend von c→a reversibel abgekühlt wird und

25 dadurch kontrahiert, ist nur die Wirkung des Regenerators und Kühlers (16), nicht jedoch die des Erhitzers (14) erwünscht. Deswegen wird nun der Erhitzer über die zwei Ventile 25a, 25b abgesperrt und das Fluid über den By-pass 25c direkt durch den Regenerator (15) und Kühler (16) geleitet (Ventile 24a, 24b wieder geöffnet). Damit das Fluid bei geöffneten Absperrventilen 24a, 24b bzw. 25a, 25b jeweils durch (16) und (14) strömt, sind die By-passleitungen 24c und 25c mit den Ventilen

30 24d und 25d versehen.

Bisher wurden THK Maschinen mit Rotationsauskoppelung durch den Hydraulikmotor geschildert. Da die Zyklusenergie im Verlaufe der Entspannung des Arbeitsfluids stetig abnimmt, ist es nötig,

---

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

dieses unstete Leistungsangebot zu „konformieren“. Bei rotierenden Maschinen geschieht dies am besten durch ein entsprechendes Schwungrad (19).

5 Die Tatsache, daß einerseits Energie nach Außen nur während der Expansionsphase (b→c) abgegeben wird und andererseits aus Wirkungsgradgründen die Arbeitsfrequenz der THK-Maschine möglichst niedrig sein sollte, führt dazu, daß das Schwungrad neben der beschriebenen Konformierung des unsteten Energieangebotes während der Expansion auch noch relativ lange Zeiträume, während der die Maschine keine Energie abgibt, überbrücken muß. Dies führt naturgemäß zu großen Schwungrädern.

10 Deswegen besteht eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung der THK-Maschine darin, diese als Mehrzylindermaschine auszuführen (Anzahl  $n$  der Zylinder  $\geq 2$ ) und die zeitliche Ansteuerung der Linearantriebe (12) der verschiedenen Zylinder so vorzunehmen, daß die daraus resultierende Zyklenüberlappung zu einem geglätteten Antriebsdrehmoment führt. Dies führt zu wesentlich kleineren Schwungrädern.

15 Erfindungsgemäß soll aber auch die rein translatorische Bewegung der sich ausdehnenden und wieder kontrahierenden Flüssigkeitssäule zum Antrieb von Subsystemen wie typischerweise Luftkompressoren, Wärmepumpen-Kältemaschinen, -Kompressoren, Reverse-Osmosis Anlagen und ähnlichen genutzt werden.

20 In Fig. 8 ist eine solche erfindungsgemäße THK Maschine mit linearer Kraftanskoppelung und Linearkonformator dargestellt. Da die Subsysteme in diesem Falle einen festen Arbeitskolben (statt dem bisher beschriebenen „flüssigen“ Arbeitskolben) nötig machen, ist die vorteilhafte Ausgestaltung dieser Variante des erfindungsgemäßen Gegenstandes durch die Integration des Arbeitskolbens (26) in den Druckzylinder (13) und dem sich darin auf- und abbewegendem Verdrängerkolben (11), gegeben. Das Luftpolster (27) unterhalb des Arbeitskolbens macht bei dieser Bauart das Ausdehnungsgefäß (Fig. 4, 20) unnötig. Der sich auch in diesem Falle periodisch während der 25 Expansionsphase unter Kraftentfaltung nach unten bewegende Arbeitskolben wird so lange vom schaltbaren Absperrelement (29), das in diesem Falle vorteilhaft als um die Kolbenstange greifende Backenbremse ausgebildet ist, festgehalten, bis der gewünschte Höchstdruck (im PV-Indikationsdiagramm Punkt b) erreicht ist. Die Kraft wird dann über den geometrisch als Parallelogramm ausgebildeten Kraftkonformator (30) ausgekoppelt. Das Parallelogramm ist in seinen 30 vier Ecken mit Drehgelenken versehen, die dazu führen, daß sich seine Form durch die aufgeprägte Bewegung ständig verändert (durch 30, 31 angedeutet). Koppelt man nun in einem Eckpunkt, dessen Verlaufsachse senkrecht zur durch den Arbeitskolben vorgegebenen Achse steht, die Kolbenstange

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker



Bewegung ständig verändert (durch 30, 31 angedeutet). Koppelt man nun in einem Eckpunkt, dessen Verlaufsachse senkrecht zur durch den Arbeitskolben vorgegebenen Achse steht, die Kolbenstange des erwünschten, mit linearer Kraft zu betreibenden Subsystemes ein, so wird die Kraftwirkung des Arbeitskolbens des THK, die wegen der isothermen Entspannung von b→c asymptotisch verläuft, konformiert, d.h., über den ganzen Arbeitshub vergleichmäßig. Da der THK nur während des Expansion mechanische Arbeit an die Außenwelt abgibt, ist der Arbeitskolben des Subsystemes über die Kolbenstange (33) nur während der Expansion kraftschlüssig verbunden, d.h., er wird vom Konformator nur „geschoben“ und sitzt auf der Trennstelle (33a) lose auf ihm auf (Druck-Lose Koppelung).

Erfindungsgemäß kann dieser Bautyp des THK auch mit den in Fig. 5 und Fig. 6 dargestellten und im Text geschilderten Zyklusvarianten betrieben werden, sowie mit den in Fig. 7 dargestellten „By-pass“ Anordnungen optimiert werden.

Da der THK eine reversible thermodynamische Maschine darstellt, besteht eine besonders vorteilhafte, erfindungsgemäße Variante in seiner Ausgestaltung als Kältemaschine-Wärmepumpe.

In den Figuren 9a, 9b, 9c ist eine solche THK-Maschine jeweils mit den korrespondierenden Arbeitsschritten während der drei Arbeitsphasen der antreibenden THK-Maschine und der angetriebenen THK-Kältemaschine-Wärmepumpe, dargestellt.

Dabei hat die antreibende THK-Maschine grundsätzlich denselben Aufbau wie er in Fig. 8 dargestellt und im vorhergehenden Text beschrieben wird. Durch den Konformatormechanismus (30) wird durch die ebenfalls beschriebene Druck-Lose Koppelung (33a) periodisch und zur Antriebsmaschine phasenverschoben der Arbeitskolben (26a) der angetriebenen Kältemaschine, -Wärmepumpe in den Zylinder (13a) hineingeschoben. Die Kältemaschine besitzt erfindungsgemäß grundsätzlich dieselben Elemente wie die Arbeitsmaschine, die daher mit derselben Nr. und dem Index a gekennzeichnet sind (14a=kalter Wärmetauscher, 15a=Regenerator, 16a=wärmer Wärmetauscher, 11a=Verdränger, 12a=Verdrängerkolbenlinearantrieb, 29a=schaltbares Absperrerelement). In Fig. 9a sind im rechten oberen PV-Diagramm die phasenverschobenen Arbeitszyklen der THK-Arbeitsmaschine (— Linie) und der THK-Kältemaschine (- - - Linie) dargestellt. Links daneben von Fig. 9a bis Fig. 9c sind nur die jeweils korrespondierenden Arbeitstakte der Arbeits- und der Kältemaschine für die drei wesentlichen Arbeitstakte dargestellt. Die sich darunter befindlichen Zeichnungen geben jeweils Auskunft über Lage, Bewegungsrichtung oder Stillstand von Arbeitskolben und Verdrängerkolben beider Maschinen (26, 26a, 11, 11a) und des Zustandes der schaltbaren Absperrerelemente (29, 29a). Bei letzteren bedeutet = 0 = geschlossen, = 1 = geöffnet.

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

Ferner kann an der Stellung des Konformators (30) und der Arbeitskolbenstangen Druck-Lose Kopplung (33a) ersehen werden, ob die Arbeitsmaschine die Kältemaschine antreibt oder nicht. Fluid und Kolbenbewegungsrichtungen sind durch Pfeile gekennzeichnet.

Während der drei Arbeitsphasen geschieht folgendes:

5 Fig. 9a. Arbeitsmaschine Das Fluid wird isochor von a nach b erhitzt. Der Verdränger (11) bewegt sich nach unten auf den fixierten Arbeitskolben (26) zu.

Kältemaschine Das Fluid wird durch den Regenerator (15a) geschoben und erwärmt sich dabei (a' nach c'). Durch die wärmebedingte Ausdehnung des Fluids wird der Arbeitskolben (26a) zurück gedrängt. Die Druck-Lose Kopplung (33a) ist außer Eingriff.

10 Fig. 9b Arbeitsmaschine Das Fluid expandiert isotherm von b nach c. Arbeitskolben (26) und Verdrängerkolben (11) bewegen sich gemeinsam nach unten. Die Druck-Lose Kopplung (30) ist im Eingriff. Das Absperrelement (29) ist geöffnet.

Kältemaschine Der Arbeitskolben (26a) komprimiert das Fluid. Der Verdrängerkolben (11a) ist im äußeren Totpunkt fixiert. Das Absperrelement (29a) ist geöffnet.

15 Fig. 9c Arbeitsmaschine Das Fluid erfährt isobar eine Kontraktion durch regenerative Abkühlung von c nach a. Arbeits- und Verdrängerkolben (26, 11) bewegen sich parallel nach oben. Das Absperrelement (29) ist geöffnet. Die Druck-Lose Kopplung (30) ist außer Eingriff.

Kältemaschine Der Arbeitskolben (26a) ist durch das Absperrelement (29a) im Kompressionstotpunkt fixiert. Der Verdrängerkolben (11a) schiebt das Fluid von b' nach a' (isochore Kühlung).

20 Die Kältemaschine-Wärmepumpe nimmt also über (14a) Umgebungswärme auf (Kühlung z.B. eines Raumes), komprimiert diese isotherm und gibt über (16a, warmer Wärmetauscher) die Wärme wieder ab. Der dabei durchgeführte Dreitaktzyklus ist dem beschriebenen, erfindungsgemäßen Zyklus der Arbeitsmaschine prinzipiell analog, wird jedoch „umgekehrt“ durchfahren und arbeitet auf tieferem Temperaturniveau.

25 Neben dem reversiblen, effizienten Zyklus ist es dabei besonders vorteilhaft, daß sämtliche Wärmetauschvorgänge von Flüssigkeit zu Flüssigkeit erfolgen können. Dies ermöglicht, im

---

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

Gegensatz zu üblichen Zweiphasengemischen bei klassischen Kältemaschinen wesentlich ökonomischere und effizientere Kühler/Erhitzewärmetauscher. Erfindungsgemäß kann, analog zur By-pass Schaltung der Fig. 7 (24c, 25c) eine solche Anordnung auch bei der Kältemaschine zum Einsatz kommen und somit das gekühlte Fluid ohne Totraumeffekte direkt durch die entsprechenden Kühlkörper strömen.

Da die Antriebs THK-Maschine und die angetriebene THK-Kältemaschine auf verschiedenen Temperaturniveaus arbeiten, müssen die Drücke einander angepaßt werden. Dies kann erfindungsgemäß entweder durch entsprechende Volumenverhältnisse vom Arbeitsmaschinenzylinder (13) zum Kältemaschinenzylinder (13a) geschehen, oder durch eine entsprechende Druckanpassung mittels eines Stufenarbeitskolbens zwischen Konformator (30) und Kältemaschine.

Eine weitere, erfindungsgemäße Ausgestaltung der THK-Kältemaschine-Wärmepumpe nutzt das Grundprinzip der bekannten, nach dem Stirling Prinzip arbeitenden Vuilleumier Kältemaschine-Wärmepumpe unter Anpassung an den speziellen Zyklus der THK-Maschine. In Fig. 10 ist diese Variante schematisch dargestellt.

In einem gemeinsamen, durch den gut wärmeisolierten Kolben (34) oder, alternativ durch eine gute wärmegeämmte elastische Membrane, in zwei Arbeitsbereiche getrennten Zylinder (I = „heißer“ Zylinder; II = „kalter“ Zylinder) befinden sich jeweils ein linear angetriebener Verdrängerkolben (11a, 11b) mit angeschlossener Erhitzer-Regenerator-Kühler-Strecke. Dabei sind die dem „heißen“ Zylinder zugeordneten Elemente mit dem Index a, die dem „kalten“ Zylinder zugeordneten Elemente mit dem Index b gekennzeichnet. Die beiden Verdrängerkolben (11a, 11b) bewegen sich zwischen ihren jeweiligen oberen und unteren Totpunkten gegeneinander um 90° phasenverschoben.

Zu Beginn der Operation sind beide Zylinderhälften mit demselben Fluid bei gleichem Druck (vorteilhaft: 1 bar) gefüllt. Die Verdrängerantriebe 12a, 12b bewegen die Verdrängerkolben 11a, 11b mit um 90° verschobener Phase.

Im heißen Zylinder I dehnt sich das Fluid durch Erhitzung aus und der sich nach unten bewegende Kolben (34) komprimiert unter Wärmeentwicklung das Fluid im Zylinder II. Nach erfolgter Erhitzung bewegt sich im „heißen“ Zylinder der Verdrängerkolben (11a) nach oben, während im „kalten“ Zylinder der Verdrängerkolben sich nach unten bewegt.

Dabei werden sowohl im Zylinder I als auch im Zylinder II die jeweiligen Wärmeinhalte auf die Regeneratoren 15a und 15b übertragen und für den folgenden Zyklusabschnitt zwischengespeichert.

**Patentmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker**

Im dritten Arbeitstakt bewegen sich (11a) und (11b) synchron nach oben. Sobald beide ihren oberen Totpunkt erreicht haben, beginnt der Zyklus wie beschrieben von Neuem.

5 Grundsätzlich agiert bei dieser erfindungsgemäßen Variante der Zylinder I als regenerativer Druckpulsator, während Zylinder II als Kältemaschine-Wärmepumpe den in Zylinder I nach rechts herum durchfahrenen Zyklus des THK-Pulsators nach links herum durchläuft. Dabei wird einem gewünschten Raum durch (14b) bei niedriger Temperatur Wärme entzogen (Kältemaschine) und durch (16c) auf einem mittleren Temperaturniveau (Wärmepumpe) wieder abgegeben. Bei Betrieb als Wärmepumpe oder als Kombiaggregat (simultane Erzeugung von Kälte und Wärme) ist es sinnvoll, die Wärmeströme durch (16c) und (16a) in Serie hintereinander zu schalten.

10 Bei der Wahl der Arbeitsfluide bietet sich eine breite Palette von Möglichkeiten an. Die wichtigsten Auswahlkriterien sind: Temperatur und Zyklusstabilität, starke thermische Volumenvergrößerung, geringe Kompressibilität, hohe Wärmekapazität,  $c_p$  deutlich größer als  $c_v$ , hohe Siedepunkte, niedrige Gefrierpunkte, Umweltkompatibilität und Kosten.

15 Das, wie eingangs geschildert, von Malone benutzte Wasser weist zwar viele Vorteile auf, jedoch auch den grundsätzlichen Nachteil, daß es, um über den gesamten Arbeitszyklus flüssig zu bleiben mit >100 bar Vordruck belastet werden muß. Dies ist zwar mit den geschilderten THK Maschinen grundsätzlich realisierbar, macht allerdings Ausdehnungsbehälter und Windkessel nötig, die mit diesem Vordruck gefüllt sind.

20 Bevorzugt werden daher beim heutigen Stand der Technik insbesondere synthetische Öle, bei denen wie geschildert, gegen Atmosphärendruck gearbeitet werden kann, und die in Viskosität, Temperaturfestigkeit, Kompressibilität und anderen wichtigen Parametern der Thermodynamik des THK maßgeschneidert angepaßt werden können.

25 Da die THK Maschinen auch schon im mittleren Temperaturbereich von ca. 100°C bis ca. 400°C mit guten Wirkungsgraden arbeiten, und die Wärmeerbringung (und Kühlung) des Fluids technisch besonders einfach zu realisieren ist, sind folgende Energiequellen zum Betrieb der THK von besonderem Interesse: Sonnenenergie inklusive des Nachbtriebes durch thermische Speicher, alle biogenen Brennstoffe, Abwärmen im angesprochenen Temperaturbereich. Besonders geeignet sind THK Maschinen und kombinierte THK-Kältemaschinen-Wärmepumpen zur Kraft-Wärme Kopplung in Gebäuden, zur dezentralen Energieversorgung mit Sonne und/oder Biomasse und zur  
30 Rückverstromung von (Industrie)-Abwärme.

---

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

Der wegen des neuartigen Zyklusses einfache und kompakte Aufbau macht ökonomische Anlagen möglich. Aufgrund der hohen Energiedichte der Fluide können bei vertretbaren Anlagegewichten (stationäre Anwendungen) mit deutlich niedrigeren Arbeitsfrequenzen als klassische Wärmekraftmaschinen gefahren werden. Dies minimiert nicht nur die Antriebsleistung der

5 Verdrängerkolben, sondern erhöht zudem die Lebensdauer der Systeme.

Wählt man erfindungsgemäß mehr als 1 Arbeitszylinder zur Glättung der Kraftkennlinie, kann der Regenerator grundsätzlich durch einen Gegenstromwärmetauscher (Rekuperator), der die Wärme zwischen den Zylindern zyklisch tauscht, ersetzt werden.

---

**Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker**

### Patentansprüche

1. Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker („THK“) dadurch gekennzeichnet, daß eine Flüssigkeit im Inneren eines starren Zylinders mittels eines Hilfskolbens periodisch durch eine Erhitzer-Regenerator-Kühler oder Erhitzer-Rekuperator-Kühler Anordnung von heiß nach kalt und umgekehrt verschoben wird und daß die dadurch von der sich thermisch ebenfalls periodisch zusammenziehenden und ausdehnenden Flüssigkeitssäule ausgeübte Kraftwirkung größer als die Hilfskolbenantriebskraft ist.
2. THK nach Anspruch 1. dadurch gekennzeichnet, daß die bei der thermischen Ausdehnung der Flüssigkeit freiwerdende Energie über geeignete technische Einrichtungen in nützliche mechanische Arbeit umgewandelt wird.
3. THK nach Ansprüchen 1., 2. dadurch gekennzeichnet, daß die sich thermisch ausdehnende Flüssigkeit periodisch durch einen Hydraulikmotor strömt und an dessen Welle Rotationsenergie erzeugt.
4. THK nach Ansprüchen 1., 3. dadurch gekennzeichnet, daß dem Hydraulikmotor ein mit Atmosphärendruck oder leichtem Überdruck beaufschlagtes Ausdehnungsgefäß nachgeschaltet ist.
5. THK nach Ansprüchen 1.-4. dadurch gekennzeichnet, daß der von der expandierenden Flüssigkeitssäule erzeugte Druck zeitlich und im Betrag durch ein schaltbares Absperrerelement geregelt werden kann.
6. THK nach Ansprüchen 1.-5. dadurch gekennzeichnet, daß der gewünschte sich einstellende Flüssigkeitsdruck entweder durch das Verhältnis des Volumenstromes der expandierenden Flüssigkeit und dem Schluckvolumen des Hydraulikmotors definiert ist, oder durch eine Kombination dieses Effektes mit dem regelbaren Absperrerelement aus Anspruch 5.
7. THK nach Ansprüchen 1.-6. dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsabgabe des Fluids während der Expansion geschieht, dieses bis auf den Umgebungsdruck oder einen nur geringfügig darüberliegenden Druck entspannt wird, und die Rückführung des Fluids in den Anfangsbestand durch Zusammenziehen über einen regenerativen Kühlvorgang (Wärmeentzug) erfolgt.
8. THK nach Ansprüchen 1.-7. dadurch gekennzeichnet, daß die der Expansion- und Kontraktion unterliegende Flüssigkeit zur gleichen Zeit die Hydraulikflüssigkeit des Motors ist.
9. THK nach Ansprüchen 1.-6. dadurch gekennzeichnet, daß als Arbeits- und Hydraulikflüssigkeit verschiedene Medien eingesetzt werden, die durch ein elastisches Element oder einen Kolben, voneinander getrennt sind.
10. THK nach Ansprüchen 1.-9. dadurch gekennzeichnet, daß zur Minimierung der beim Verschieben des Arbeitsflüssigkeit entstehenden hydrodynamischen Reibung die Durchtrittsquerschnitte im

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker

Erhitzer, Regenerator oder Rekuperator, in dem Kühler dem Temperatur-Viskositätsverhalten der Arbeitsflüssigkeit angepaßt wird.

- 5 11. THK nach Ansprüchen 1.-10. dadurch gekennzeichnet, daß die oszillierende lineare Kraftentfaltung der expandierenden Flüssigkeitssäule direkt, ohne die Umwandlung in rotatorische Energie unter Zwischenschaltung geeigneter Druckkonformatoren zur Kompression von Luft, zur Druckerzeugung in reverse osmosis Anlagen, zum Betrieb von Kältekompressoren und ähnlichen, mit linearen Bewegungen arbeitenden Energiewandlern, gekoppelt wird.
- 10 12. THK nach Ansprüchen 1.-11. dadurch gekennzeichnet, daß eine mit einem Druckkonformator und einer linearen Druck-lose Koppelung ausgestattete Maschine mittels Fremdenergie betrieben wird und als Kältemaschine-Wärmepumpe arbeitet.
- 15 13. THK nach Anspruch 12. dadurch gekennzeichnet, daß die antreibende Energie aus einer THK-Antriebsmaschine besteht.
14. THK nach Ansprüchen 1.-10. dadurch gekennzeichnet, daß die Kältemaschine-Wärmepumpe durch eine 1-Zylinder-Anordnung realisiert wird, bei der eine im heißen Teil des Zylinders arbeitende THK-Maschine als Druckpulsator dient, während eine im kalten Teil des Zylinders arbeitende, den Zyklus umgekehrt durchführende, phasenverschoben arbeitende zweite THK-Maschine als Kältemaschine-Wärmepumpe arbeitet.
15. THK nach Ansprüchen 1.-10. dadurch gekennzeichnet, daß mehrere, zeitlich phasenverschoben angetriebene Zylinder zu einer Glättung der abgegebenen Leistung führen.
- 20 16. THK nach Anspruch 15 dadurch gekennzeichnet, daß bei Mehrzylinderanordnungen die Regeneratoren durch Gegenstromwärmetauscher zwischen den Zylindern ersetzt werden können.

Patentanmeldung: THK - Thermo-Hydrodynamischer Kraftverstärker





Fig. 3

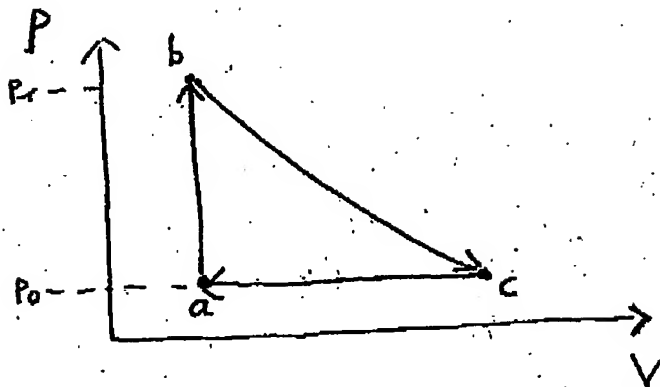


Fig. 4

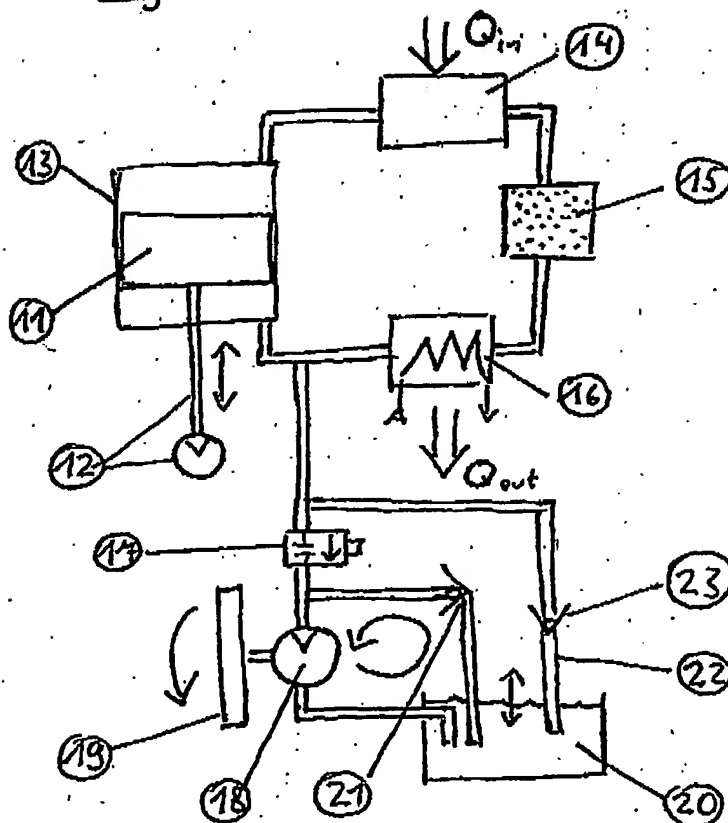


Fig. 4a

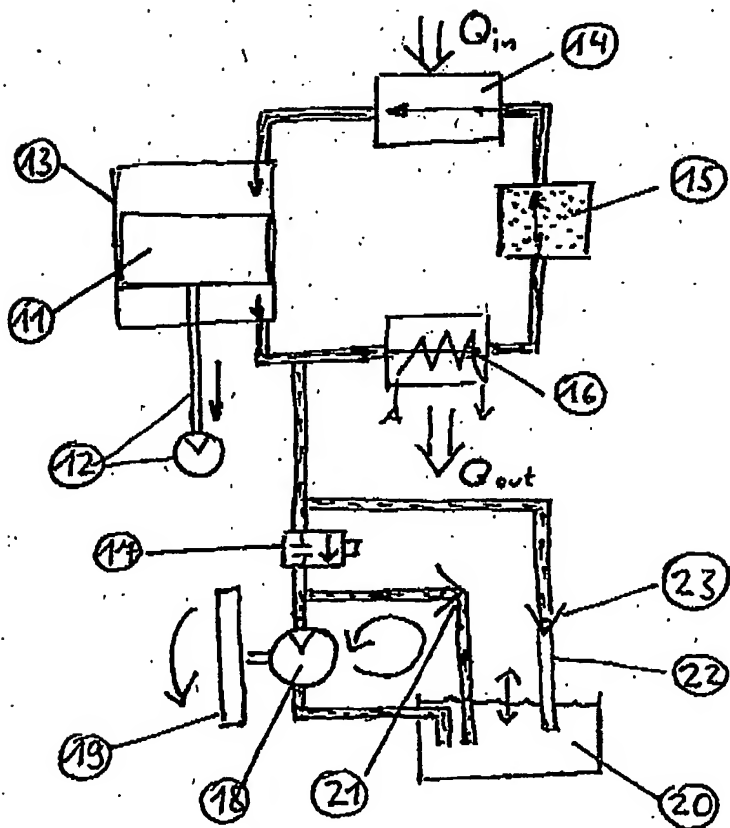
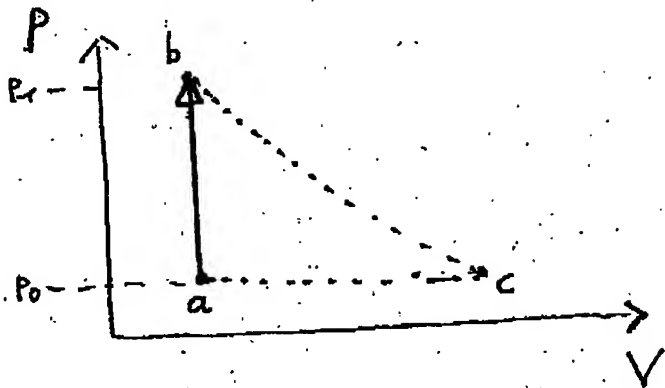


Fig. 4b

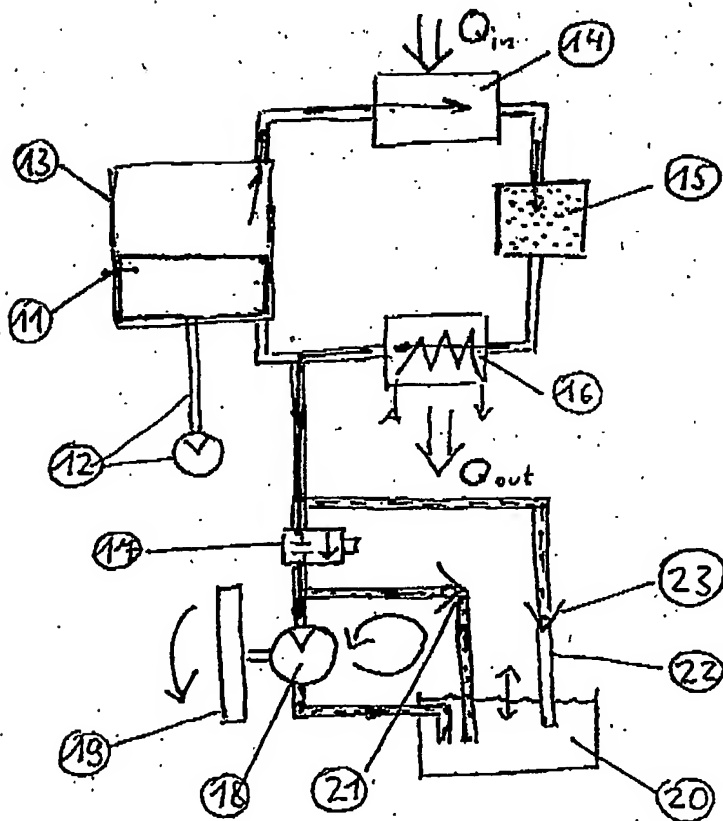
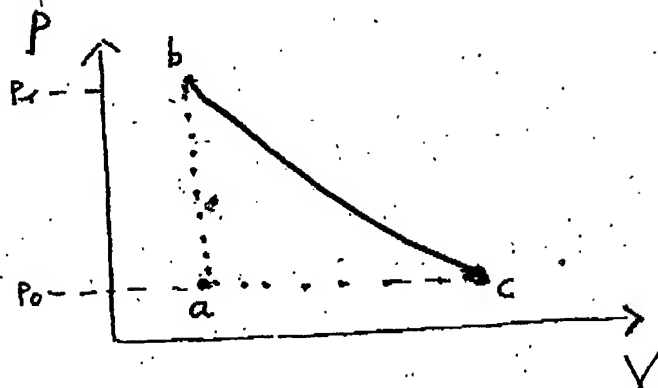


Fig. 4c

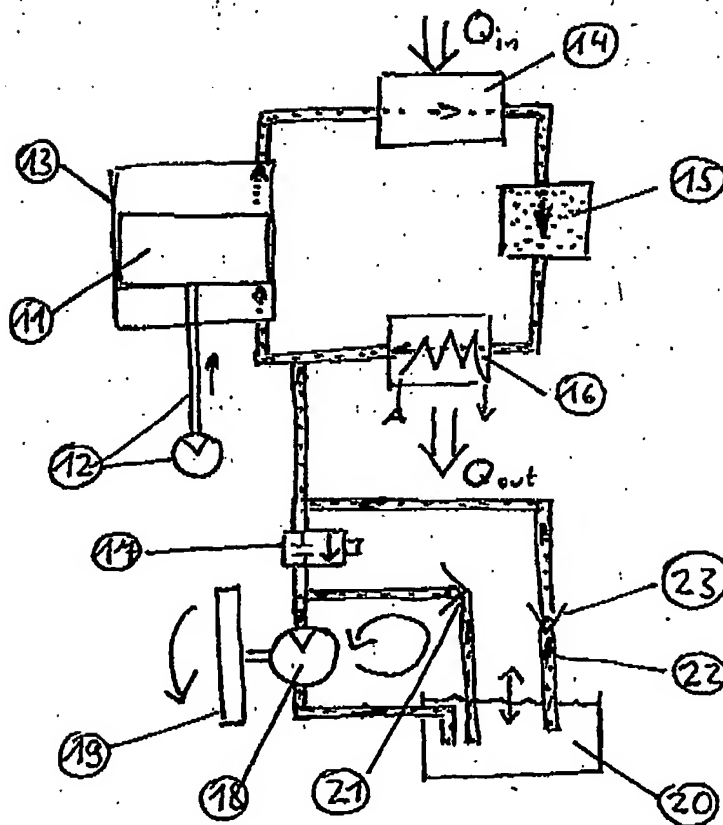
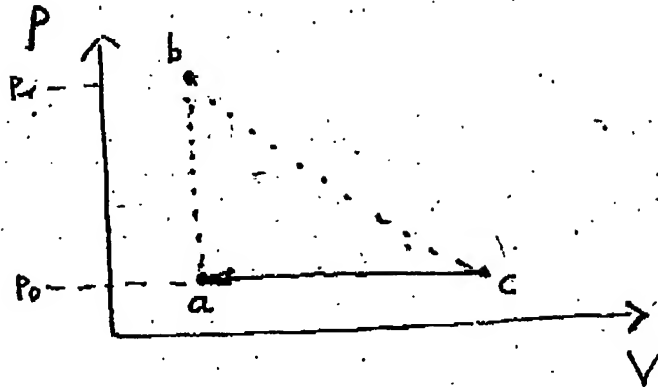


Fig. 5

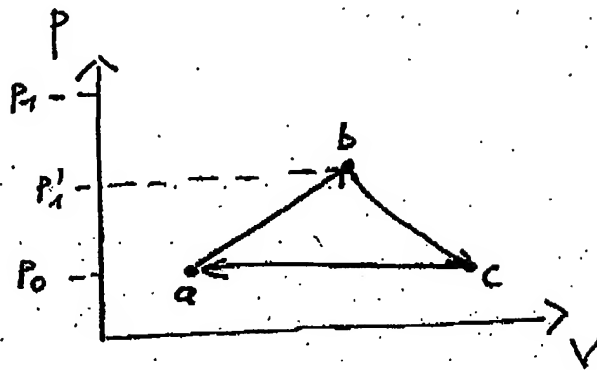


Fig. 6

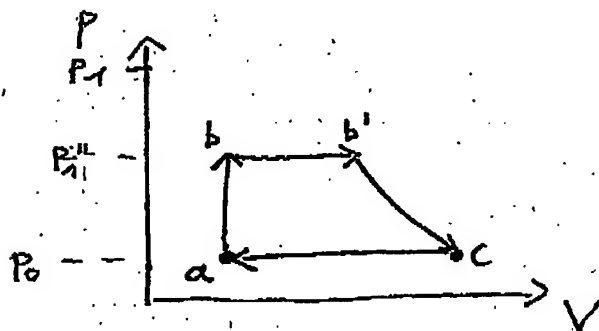


Fig. 4

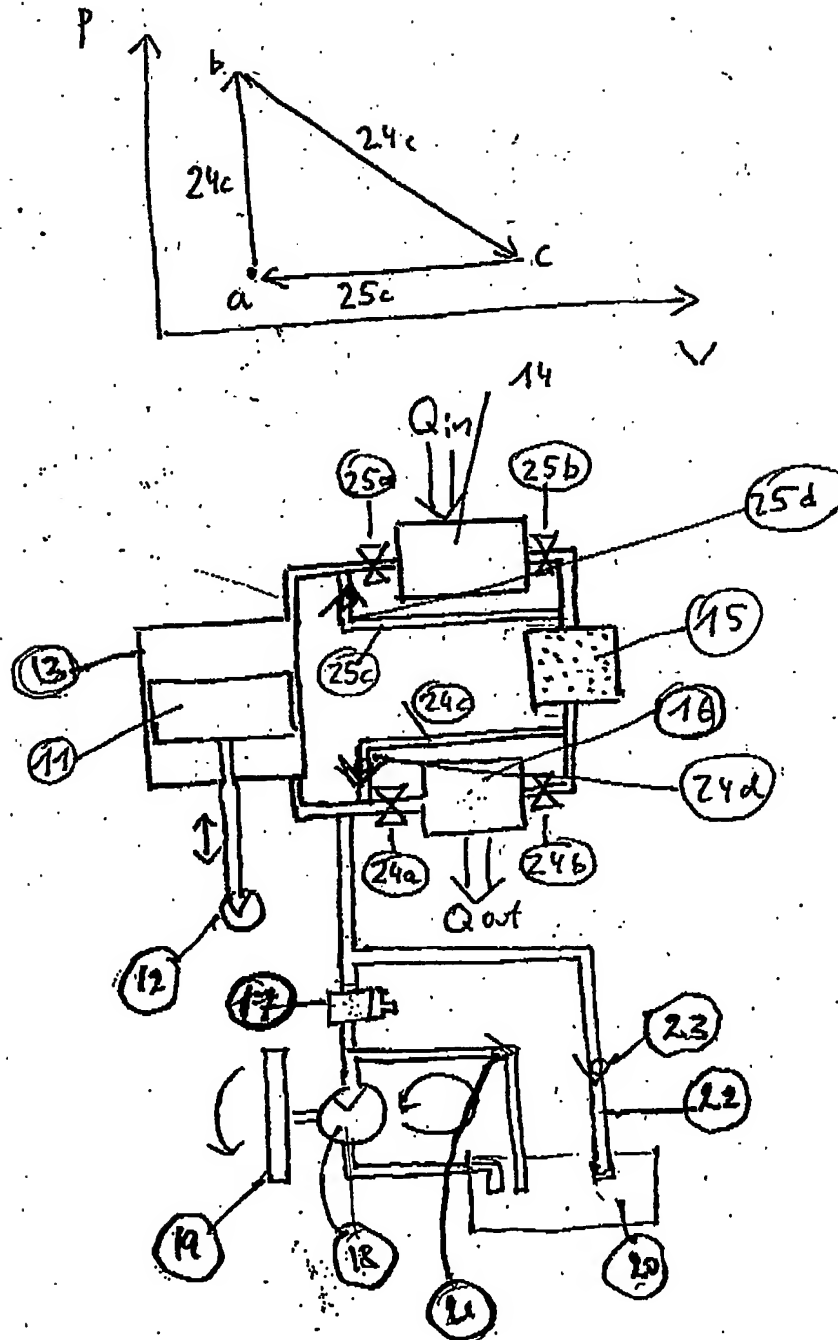


Fig. 8

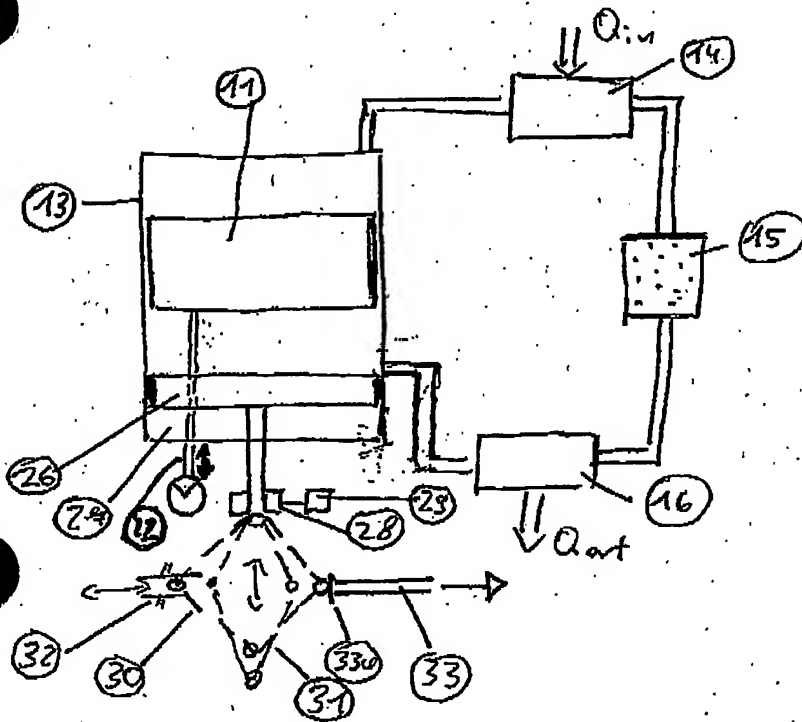
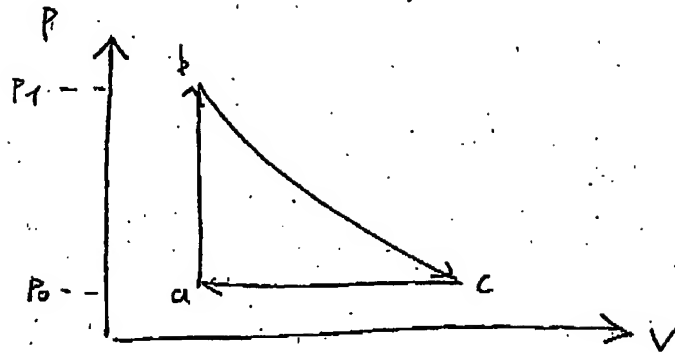


Fig. 9b

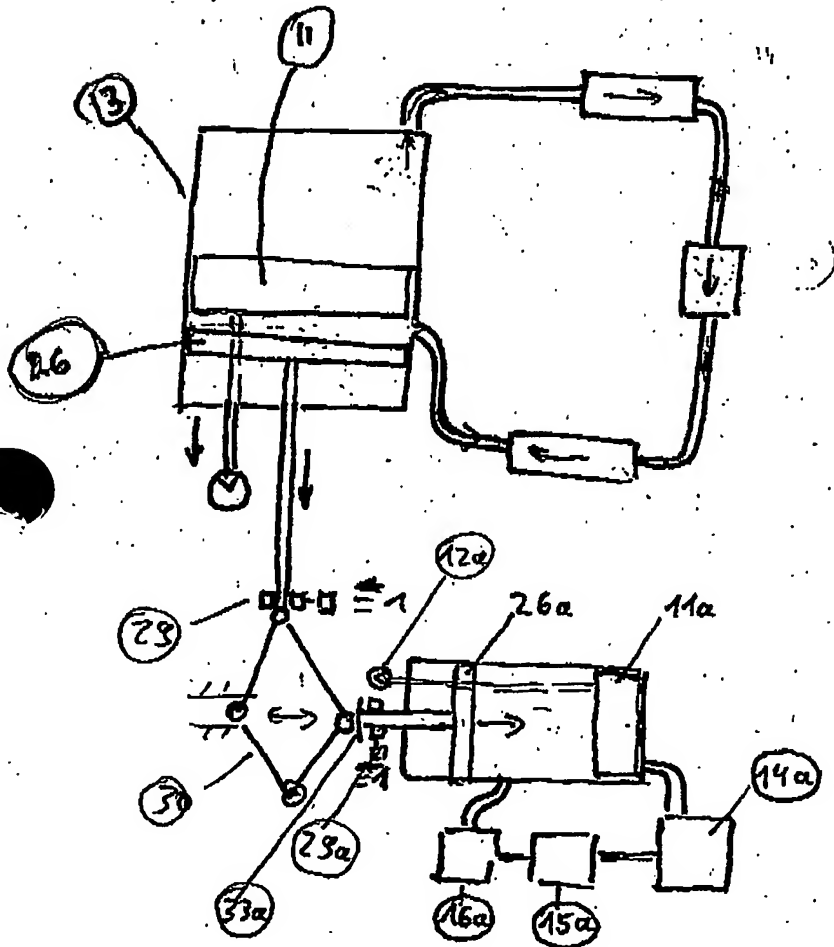
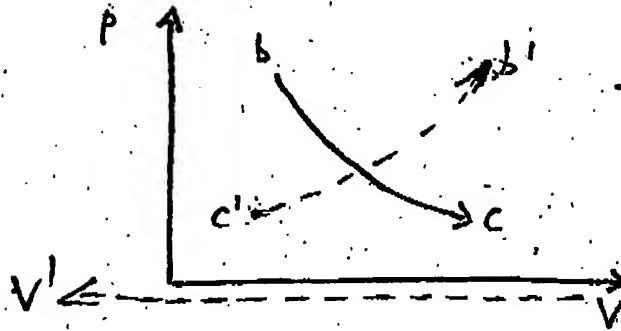




Fig. 9a

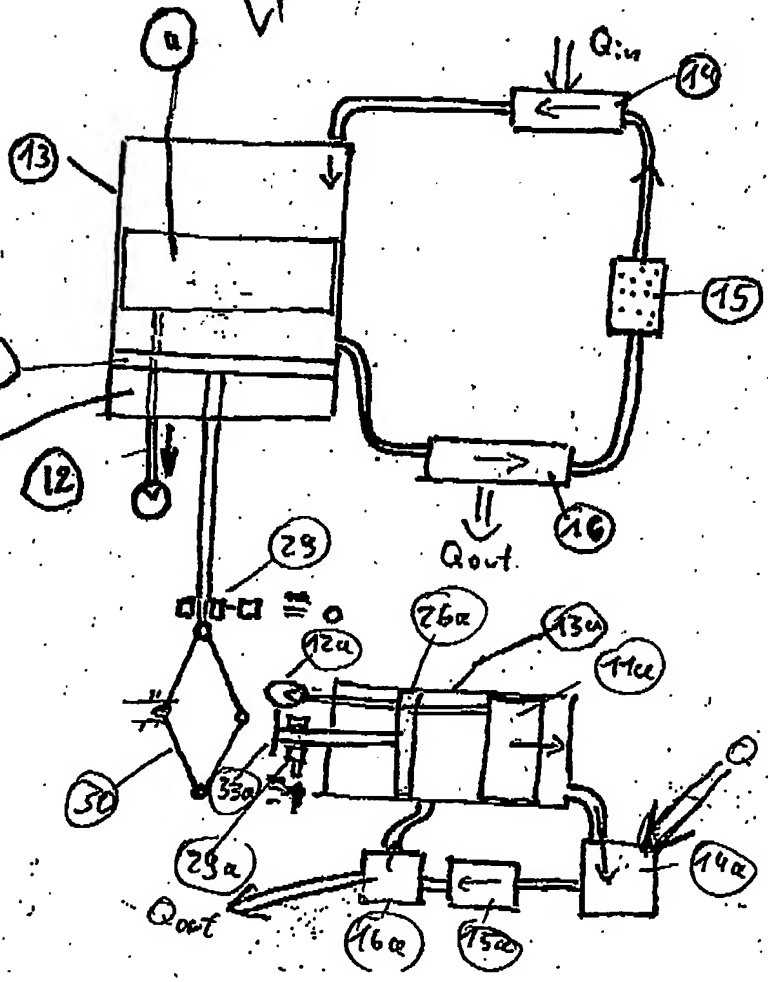
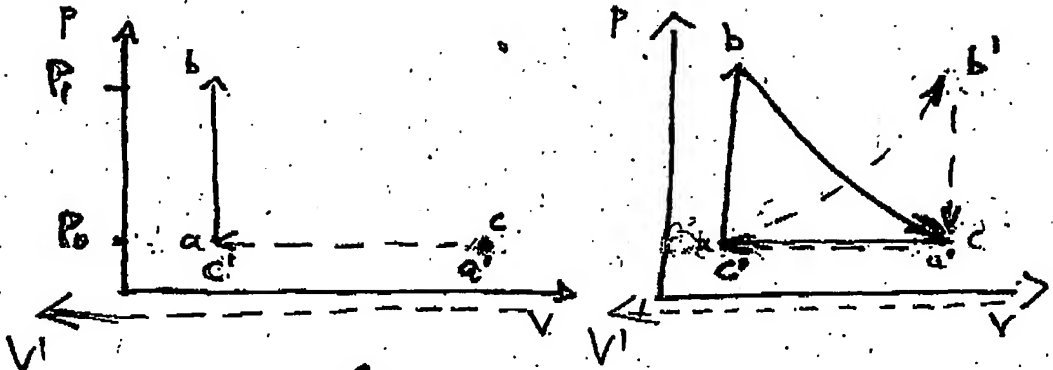
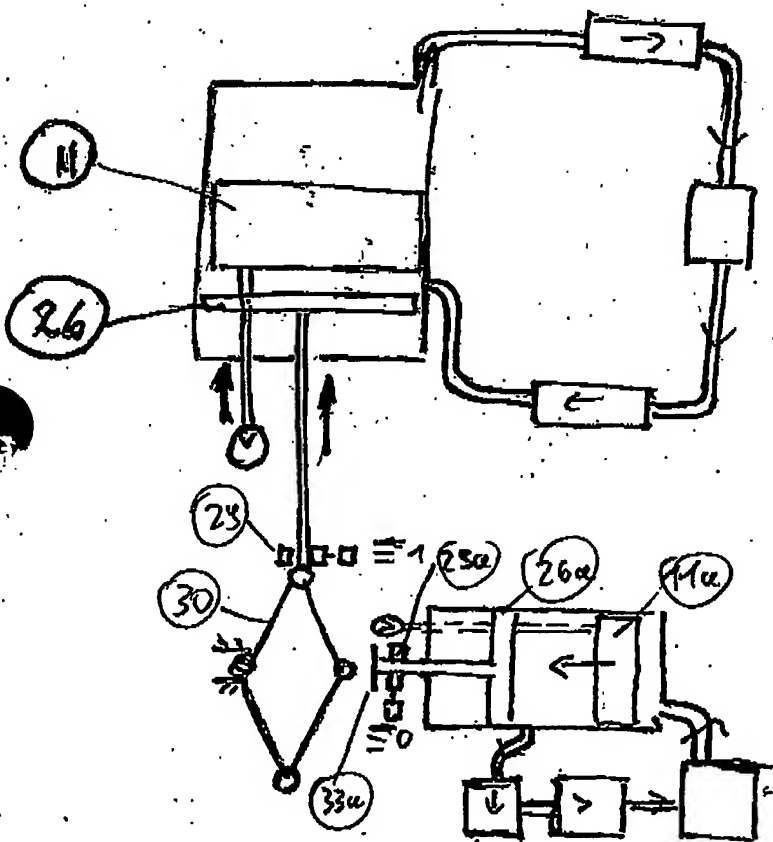
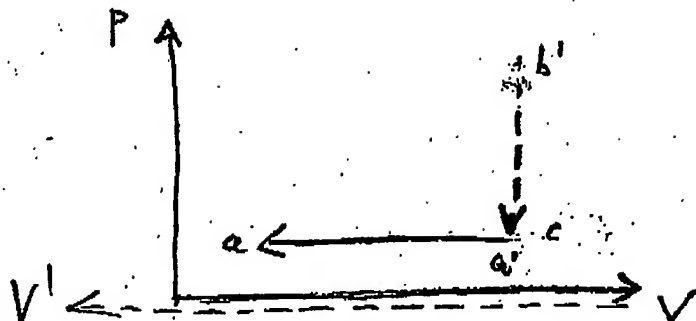
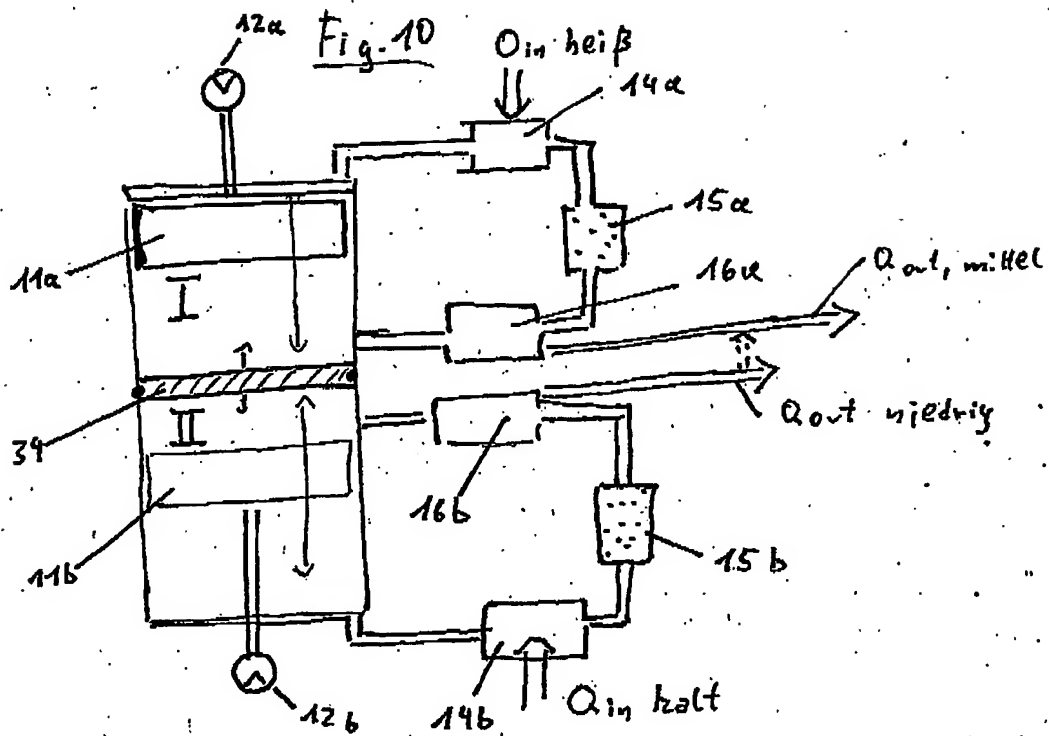


Fig. 3c





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: small text

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**